

## スピンバルブ膜の製造方法

### 発 明 の 背 景

#### 発 明 の 分 野

【0001】

本発明は、下地膜と、第1の強磁性膜と、第2の強磁性膜と、これら第1および第2強磁性膜間に挟まれた導電膜とを具えるスピンバルブ膜の製造方法及びスピンバルブ膜を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法に関するものである。

#### 関 連 技 術 の 説 明

【0002】

磁気ディスクドライブ装置が小型化される傾向の中で、磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗センサを用いた薄膜磁気ヘッドは、出力が磁気ディスクとの間の相対速度に関係しないため、高記録密度で磁気記録媒体に記憶されている情報を読み取るのに適した磁気変換器として従来より知られている。

【0003】

このような磁気抵抗効果を利用した読み出し磁気ヘッド素子としては、パーマロイ等による異方性磁気抵抗効果膜（以下AMR膜と称する）を利用したものが一般的であったが、最近は、巨大磁気抵抗効果膜（以下GMR膜と称する）を用いたもの、特に、スピンバルブ膜が主流になっている。スピンバルブ膜を用いた磁気抵抗センサは、特開平4-358310号公報及びIEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, Vol. 30, No. 6, November 1994に記載されている。スピンバルブ膜は、下地膜と、第1の強磁性膜と、導電膜と、第2の強磁性膜とを主として含む。

【0004】

導電膜は第1の強磁性膜及び第2の強磁性膜によってサンドイッチされており、第1の強磁性膜及び第2の強磁性膜の一方は、外部磁界に応答するフリー層として用いられ、他方は磁化方向が固定されたピン層として用いられる。

【0005】

第1の強磁性膜がフリー層として用いられる場合は、第2の強磁性膜はピン層となり、第1の強磁性膜がピン層として用いられる場合は、第2の強磁性膜

がフリー層となる。フリー層として用いられる強磁性膜は、例えば、NiFe膜及びCo膜またはCoFe膜の積層膜として構成され、ピンド層として用いられる強磁性膜は、例えば、Co膜またはCoFe膜として構成される。ピンド層を構成する強磁性膜に隣接して反強磁性膜を配置し、これら強磁性膜と反強磁性膜との交換結合により、強磁性膜は一方向に磁化される（ピン止めされる）。

【0006】

下地膜は高い磁気抵抗効果変化率（以下MR変化率と称する）を確保できること、強磁性膜への拡散が少ないこと、及び、耐食性に優れていること等の観点に従って選択された材質によって構成される。

【0007】

スピバルブ膜に外部磁界が印加される場合、フリー層の磁化方向が外部磁界の強さに応じて回転する。スピバルブ膜の抵抗値は、ピンド層の磁化方向に対するフリー層の磁化方向の角度によって定まる。スピバルブ膜の抵抗値は、フリー層の磁化方向が、ピンド層の磁化方向に対して逆方向のとき、最大となり、同一の方向のときに最小になる。この抵抗値の変化から外部磁界を検出する。

【0008】

上述したスピバルブ膜はスパッタリングによって製造されている。スピバルブ膜を構成する各種の膜を形成するに際しては、従来は、スパッタ成膜用真空チャンバ内に基板を導入し、この成膜用真空チャンバ内において、ターゲットを変えながら、スパッタ成膜を有意な時間中断することなく、連続的に形成している。ターゲットを変えるときに、成膜は一時的に中断されるが、その時間は極く短時間であり、その間に膜の特性が変化するようなことはない。

【0009】

この連続成膜法によれば、スピバルブ膜の異方性磁界 $H_k$ が高く、品質の高い成膜が可能である。スピバルブ膜においては、フリー層で生じる異方性磁界は、ピンド層で生じる磁界の影響を受ける。本明細書において、スピバルブ膜の異方性磁界 $H_k$ とは、ピンド層による磁気的影響を受けたフリー層で生じる異方性磁界をいう。

【0010】

上述したスピバルブ膜は、磁気センサ、非破壊磁気メモリとしても利用できるが、最も重要な用途は、薄膜磁気ヘッドにおける読み取り素子である。スピバルブ膜を読み取り素子として用いた薄膜磁気ヘッドでは、読み取り信号出力の増大のために、種々の手段が提案され、実用に供されている。

【0011】

しかしながら、スピバルブ膜を上述した連続成膜工程によって製造した場合、読み取り信号出力の増大に限界があった。

#### 発 明 の 概 要

【0012】

本発明の目的は、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合に、高い読み取り信号出力を得ることができるスピバルブ膜を製造する方法を提供することである。

【0013】

本発明によるスピバルブ膜の製造方法は、  
基板の表面に下地膜を形成する工程と、  
この下地膜の上にフリー層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、  
この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、  
この導電膜の上にピンド層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程と、  
この第2の強磁性膜の上に反強磁性膜を形成する工程とを具え、  
スピバルブ膜を構成する前記の下地膜、第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピバルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有するものである。

【0014】

さらに、本発明によるスピバルブ膜の製造方法は、  
基板の表面に下地膜を形成する工程と、  
この下地膜の上に反強磁性膜を形成する工程と、  
この反強磁性膜の上にピンド層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、  
この導電膜の上にフリー層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程とを  
具え、

スピナルバルブ膜を構成する前記第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜  
を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成  
膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断  
してスピナルバルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有するものである。

【0015】

本発明は、順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの間で成膜プロセスを中  
断し、膜界面に元素を吸着させることによって、スピナルバルブ膜の異方性磁界 $H_k$   
を、従来の連続成膜法によって得られる異方性磁界 $H_k$ よりも低くする工程を  
付加するものであるが、スピナルバルブ膜の異方性磁界 $H_k$ が低くなると、当該ス  
ピナルバルブ膜を、例えば、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合、読  
み取り信号が大きくなることが分かった。

【0016】

本発明によるスピナルバルブ膜の製造方法においては、スピナルバルブ膜を構成す  
る上述した種々の膜は、基板を成膜用真空チャンバ内に入れてスツバックリング、  
MBE、蒸着などで形成することができる。この場合、基板を順次に形成すべき  
2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを  
実行する前、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減させる工程は、種々の方  
法で実施することができる。

【0017】

例えば、先行成膜プロセスを終了した後も基板をそのまま成膜用真空チャンバ  
内に残したままで、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施す  
るか、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移して成膜  
プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施することができる。後者の  
場合には、成膜プロセスの中断後、基板を再び成膜用真空チャンバへ戻して、後  
続の成膜プロセスを実行する。

【0018】

先行成膜プロセスを終了した後も基板をそのまま成膜用真空チャンバ内に残したまま、成膜プロセスの中断を実行する場合には、基板を成膜用真空チャンバ内にそのままの状態です定の時間保持することによって実施できる。この場合、基板を成膜用真空チャンバ内にそのままの状態で保持する時間は、3分以上であり、従来の連続成膜プロセスと明瞭に区別することができる。この保持時間の典型的な値は、例えば20分と比較的長いものである。

#### 【0019】

本発明によれば、上述した成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施する時間を短縮することができる。例えば、前後する2つの成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、少なくとも1回、成膜を伴わないプラズマ中に曝す工程を含んでいてもよい。この方法によれば、成膜プロセスの中断時間を非常に短くしても、スピナル膜の異方性磁界を、必要なレベルまで低下させることができる。また、この処理は、基板を成膜用真空チャンバ内に保持したままで行なうことができるが、別個の真空チャンバへ移して実施することもできる。

#### 【0020】

成膜プロセスの中断時間の短縮に有効な方法としては、上述した方法の他、次ような方法がある。

(a) スピナル膜を成膜する工程において、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜用真空チャンバよりも低い真空度の別の真空チャンバ内に入れる。

(b) スピナル膜を成膜する工程において、前後する成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜用真空チャンバよりも $H_2O$ 濃度または $O_2$ 濃度の高い別の真空チャンバ内に入れる。

(c) スピナル膜を成膜する工程において、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、 $H_2O$ または $O_2$ が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行う。

(d) スピナル膜を成膜する工程において、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、プロセ

スガスを流しながら、所定時間放置する。

【0021】

本発明はさらに、上述したスピバルブ膜を読み取り素子として具える薄膜磁気ヘッドの製造方法にも関するものであり、この薄膜磁気ヘッドは、スピバルブ膜を有する読み取り素子および誘導型の書き込み素子をも有するものである。この書き込み素子は、面内記録用素子及び垂直記録用素子の何れであってもよい。

【0022】

本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法は、誘導型の書き込み素子を基板によって支持されるように形成される前または後に、スピバルブ膜を有する磁気抵抗効果型の読み取り素子を形成するプロセスを含み、このプロセスが、

基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上にフリー層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にピンド層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程と、

この第2の強磁性膜の上に反強磁性膜を形成する工程とを具え、

スピバルブ膜を構成する前記の下地膜、第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピバルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有するものである。

【0023】

さらに、本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法は、誘導型の書き込み素子を基板によって支持されるように形成される前または後に、スピバルブ膜を有する磁気抵抗効果型の読み取り素子を形成するプロセスを含み、このプロセスが、

基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上に反強磁性膜を形成する工程と、

この反強磁性膜の上にピンド層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にフリー層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程とを

具え、

スピバルブ膜を構成する前記第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピバルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有するものである。

#### 図面の簡単な説明

図1は、スピバルブ膜の構造を模式的に示す図である。

図2は、スピバルブ膜の構造の別の例を模式的に示す図である。

図3は、成膜プロセス中断タイミングと異方性磁界 $H_k$ との関係を示すグラフである。

図4は、スピバルブ膜を薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合における異方性磁界 $H_k$  (Oe) と読み取り信号出力 (mV) との関係を示す図である。

図5は、処理方法と異方性磁界 $H_k$ との関係を示すグラフである。

#### 実施例の詳細な説明

##### 【0024】

図1は本発明に係る方法によって製造されるスピバルブ膜の構造を模式的に示す断面図である。図示されたスピバルブ膜1は、下地膜126と、第1の強磁性膜120、121と、導電膜122と、第2の強磁性膜123と、反強磁性膜124と、保護膜125とを積層して構成されている。下地膜126は非磁性基板3の上に付着され、最下層膜を構成している。

##### 【0025】

第1の強磁性膜120、121は、下地膜126の上に形成されている。第1の強磁性膜120、121は、この実施例では、外部磁界に応答するフリー層であり、強磁性膜120と、強磁性膜121とを積層した2層膜構造となっている。このような積層膜の他、単層膜構造、または、3層以上の多層膜構造を採用することもできる。図1を参照した説明において、強磁性膜120を第1のフリー層120と称し、強磁性膜121を第2のフリー層121と称することとする。また、第1のフリー層120及び第2のフリー層121の積層膜を、フリー層12

0、121と称することとする。第1のフリー層120としては、例えば、NiFe膜を用いることができ、第2のフリー層121としては、例えば、Co膜、CoFe膜を用いることができる。

【0026】

第2のフリー層121の上に導電膜122が形成されている。導電膜122は、例えば、Cu膜によって構成される。

【0027】

導電膜122の上に第2の強磁性膜123が形成されている。第2の強磁性膜123は、例えば、Co膜またはCoFe膜等によって構成される。

【0028】

第2の強磁性膜123の上には反強磁性膜124が形成されている。これら第2の強磁性膜123と反強磁性膜124とは交換結合し、この交換結合により、第2の強磁性膜123は一方向に磁化されている。この磁化方向は固定されている。図1を参照した説明において、第2の強磁性膜123はピン層123と称することとする。ピン層123は、これまで提案された各種材料を用いて構成することができる。

【0029】

反強磁性膜124は、これまで提案された各種の材料を用いることができる。反強磁性膜124の具体例としては、PtMn、NiMn、RuRh、Mn、IrMnを主成分とするものを挙げることができる。反強磁性膜124は、Ru、Rh、Pd、Au、Ag、Fe及びCrの群から選択された少なくとも一種を含有していてもよい。反強磁性膜124がPtMn膜でなる場合において、ピン層123の好ましい一例はCoFe膜である。反強磁性膜124の上側には保護膜125が備えられている。

【0030】

更に、スピナル膜1の両側面には、フリー層120、121に縦方向磁気バイアスを加える磁区制御膜23、24が備えられている。磁区制御膜23、24はマグネットでもよいし、あるいは、反強磁性膜によって構成し、この反強磁性膜とフリー層120、121との間で交換結合を生じさせてもよい。磁区制御



膜 2 3、2 4 の上には、リード導体膜 2 1、2 2 がそれぞれ成膜されている。リード導体膜 2 1、2 2 は、スピバルブ膜 1 の導電膜 1 2 2 にセンス電流を流すために備えられている。

#### 【0031】

ピン層 1 2 3 が、反強磁性膜 1 2 4 との交換結合により、一方向に磁化されている状態で、外部磁界が印加された場合、フリー層 1 2 0、1 2 1 の磁化方向が外部磁界の強さに応じて、ある角度だけ回転する。スピバルブ膜 1 の抵抗値は、ピン層 1 2 3 の磁化方向に対するフリー層 1 2 0、1 2 1 の磁化方向の角度によって定まる。このときの抵抗変化に応じたセンス電流の変化から、外部磁界が検出される。

#### 【0032】

図 2 は本発明に係る製造方法が適用されるスピバルブ膜の他の例を模式的に示す断面図である。図 2 において、図 1 に図示された構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。図 2 に示されたスピバルブ膜の特徴は、下地膜 1 2 6 の上に反強磁性膜 1 2 4 が隣接し、反強磁性膜 1 2 4 の上にピン層 1 2 3 が形成され、このピン層 1 2 3 の上に導電膜 1 2 2 が形成され、この導電膜 1 2 2 の上にフリー層 1 2 1、1 2 0 が形成された積層膜で構成されていることである。

#### 【0033】

本発明は、図 1 に示したスピバルブ膜 1 を構成する下地膜 1 2 6、フリー層を構成する第 1 の強磁性膜 1 2 0、1 2 1、導電膜 1 2 2 およびピン層を構成する第 2 の強磁性膜 1 2 3 を形成する間、順次に形成すべき 2 つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピバルブ膜の異方性磁界を低減するものか、或いは図 2 に示したスピバルブ膜 1 を構成する反強磁性膜 1 2 4、ピン層を構成する第 1 の強磁性膜 1 2 3、導電膜 1 2 2 およびフリー層を構成する第 2 の強磁性膜 1 2 0、1 2 1 を形成する間、順次に形成すべき 2 つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピバルブ膜の異方性磁界を低減するものである。

【0034】

図1に示す積層構造を有するスピバルブ膜の場合、成膜プロセスを中断してスピバルブ膜の異方性磁界を低減するタイミングに関して、具体的には次のような選択肢がある。

- (a) 下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前
- (b) 第1のフリー層120を成膜した後、第2のフリー層121を成膜する前
- (c) 第2のフリー層121を成膜した後、導電膜122を成膜する前
- (d) 導電膜122を成膜した後、ピンド層123を成膜する前

【0035】

上述した選択肢(a)～(d)の1つを実施するか、または複数を実施してもよい。

【0036】

また、図2のスピバルブ膜の場合は次のような選択肢がある。

- (e) ピンド層123を成膜した後、導電膜122を成膜する前
- (f) 導電膜122を成膜した後、第2のフリー層121を成膜する前
- (g) 第2のフリー層121を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前

【0037】

図2のスピバルブ膜の場合も、選択肢(e)～(g)の1つを実施するか、もしくは複数を実施しても良い。

【0038】

上記製造方法によれば、スピバルブ膜1の異方性磁界 $H_k$ が、従来の連続成膜法によって得られる異方性磁界 $H_k$ と比較して低くなる。異方性磁界 $H_k$ が低くなると、当該スピバルブ膜を、例えば、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合、読み取り信号が大きくなることが解った。

【0039】

図3は成膜プロセス中断タイミングと異方性磁界 $H_k$ との関係を示すグラフである。図3の横軸に「連続成膜」と表示されているのは、従来の連続成膜法によってスピバルブ膜を成膜したことを示す。

【0040】

「下地膜—第1のフリー層」と表示されているのは、下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前に、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施してスピバルブ膜を成膜したことを示す。

【0041】

「第1のフリー層—第2のフリー層」を表示されているのは、第1のフリー層120を成膜した後、第2のフリー層121を成膜する前に、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を行なってスピバルブ膜を成膜したことを示す。

【0042】

「第2のフリー層—導電膜」と表示されているのは、第2のフリー層121を成膜した後、導電膜122を成膜する前に、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を行なってスピバルブ膜を成膜したことを示す。

【0043】

「導電膜—ピンド層」と表示されているのは、導電膜122を成膜した後、ピンド層123を成膜する前に、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を行なってスピバルブ膜を成膜したことを示す。

【0044】

成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程は、何れの場合でも、基板（ウエハ）をスパッタ成膜用真空チャンバ内に20分間に亘って保持した。成膜プロセスの中断中、真空チャンバ真空度は、成膜時に要求される値（ $1.0 \times 10^{-8}$  Pa以下）に保った。この実験例では、基板をスパッタ成膜用真空チャンバ内に保持したままとしたが、別の真空チャンバ内に入れてもよい。しかし、その場合には、基板の移送中、基板を大気に曝すことがないようにする必要がある。

【0045】

図3の縦軸には、各成膜プロセスによって得られたスピバルブ膜の異方性磁界 $H_k$ （Oe）を示してある。

【0046】

図3に示すように、従来の連続成膜法によって製造されたスピバルブ膜では、異方性磁界 $H_k$ はほぼ16（Oe）となっている。これに対して、本発明に係る

製造方法に従い、成膜プロセスを中断して得られたスピバル膜では、異方性磁界 $H_k$ が、ほぼ $10 \sim 12$  (Oe) に低下している。

【0047】

図4はスピバル膜を薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合における異方性磁界 $H_k$  (Oe) と読み取り信号出力 (mV) との関係を示す図である。図4に示すように、スピバル膜の異方性磁界 $H_k$ が低くなると、読み取り信号出力が大きくなる。

【0048】

従来の連続成膜法によって得られるスピバル膜の場合、図3のデータによれば、異方性磁界 $H_k$ がほぼ $16$  (Oe) である。このときの読み取り信号出力は約 $1.2$  (mV) となる。

【0049】

これに対して、本発明に係る製造方法に従い、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減させる処理を行なって得られたスピバル膜では、図3のデータによれば、異方性磁界 $H_k$ がほぼ $10 \sim 12$  (Oe) の範囲である。このときの読み取り信号出力は約 $1.3$  (mV) となる。即ち、従来よりも高い読み取り信号出力が得られる。

【0050】

別の方法として、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、少なくとも1回、成膜を伴わないプラズマ中に曝す工程を含んでもよい。この方法によれば、非常に短い処理時間で、スピバル膜の異方性磁界を、必要なレベルまで低下させることができる。基板をプラズマ中に曝す場合、スパック成膜用真空チャンバを用いてもよいし、別の真空チャンバを用いてもよい。

【0051】

処理時間の短縮に有効な別の方法としては、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜用真空チャンバよりも低い真空度の別の真空チャンバ内に入れる方法もある。ただし、チャンバ間移送の際に、基板が大気には曝されないようにする。

【0052】

図5は処理方法と異方性磁界 $H_k$ との関係を示すグラフである。図5の横軸に「連続成膜」と表示されているのは、従来の連続成膜法によってスピバルブ膜を成膜したことを示す。

【0053】

「低真空処理」と表示されているのは、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、スパッタ成膜用真空チャンバよりも低い真空度の別の真空チャンバ内に入れたことを示している。具体的には、真空度 $10^{-6}$  Paよりも真空度の高いスパッタ成膜用真空チャンバ内で下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前、基板を、スパッタ成膜用真空チャンバよりも低い真空度 $10^{-5} \sim 10^{-6}$  Paの別の真空チャンバ内に10秒間入れ、その後、スパッタ成膜用真空チャンバに戻し、第1のフリー層120を成膜した。処理時間は、10秒に限定されない。それ以上の時間であってもよい、それ以下の時間であってもよい。

【0054】

「プラズマ処理」と表示されているのは、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、1回、成膜を伴わないプラズマ中に曝したことを示している。具体的には、スパッタ成膜用真空チャンバ内で下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前、スパッタ成膜用真空チャンバのターゲット用シャッタを閉じ、30秒間、プラズマに曝した。その後、第1のフリー層120を成膜した。処理時間は、30秒に限定されない。それ以上の時間であってもよい、それ以下の時間であってもよい。

【0055】

図5に示すように、従来の連続成膜法によって製造されたスピバルブ膜では、異方性磁界 $H_k$ がほぼ16 (Oe)であるのに対して、低真空処理及びプラズマ処理を経て得られたスピバルブ膜では、異方性磁界 $H_k$ がほぼ8 (Oe)に低下している。

【0056】

図4を参照すると、異方性磁界 $H_k$ がほぼ16 (Oe)である従来スピバルブ

ブ膜の場合、読み取り信号出力は約1.2 (mV) となるのに対し、低真空処理及びプラズマ処理を経て得られ、異方性磁界 $H_k$ が約8 (Oe) であるスピンプ膜では、読み取り信号出力は約1.35 (mV) になっており、高い読み取り信号出力が得られている。

【0057】

しかも、異方性磁界 $H_k$ を約8 (Oe) まで低下させるのに、低真空処理の場合は10秒、プラズマ処理の場合は約30秒の処理時間で済むので、プロセスに要する時間を著しく短縮できる。

【0058】

処理時間の短縮に有効な別の方法として、前後する成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜用真空チャンバよりも $H_2O$ 濃度または $O_2$ 濃度の高い別の真空チャンバ内に基板を入れる方法もある。具体的には、スパック成膜用真空チャンバ内で下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前、成膜用真空チャンバよりも $H_2O$ 濃度または $O_2$ 濃度の高い別の真空チャンバ内に、基板を例えば10秒～30秒間入れ、その後に、スパック成膜用真空チャンバに戻し、第1のフリー層120を成膜する。

【0059】

処理時間の短縮に有効な更に別の方法としては、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、 $H_2O$ または $O_2$ が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行う方法もある。具体的には、スパック成膜用真空チャンバ内で下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前、基板を、スパック成膜用真空チャンバから別のチャンバに移し、 $H_2O$ または $O_2$ が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行う。処理時間は、例えば10秒～30秒間である。その後に、スパック成膜用真空チャンバに戻し、第1のフリー層120を成膜する。別個の真空チャンバを用いることなく、スパック成膜用真空チャンバを用いて、同じプロセスを実行することもできる。

【0060】

処理時間の短縮に有効な更に別の方法としては、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、プロセスガスを流しながら、所定時間放置する。具体的には、スパック成膜用真空チャンバ内で下地膜126を成膜した後、第1のフリー層120を成膜する前、基板を、スパック成膜用真空チャンバから別の真空チャンバに入れ、プロセスガスを流しながら、所定時間放置する。処理時間は、例えば10秒～30秒間程度でよい。その後、スパック成膜用真空チャンバに戻し、第1のフリー層120を成膜する。別個の真空チャンバを用いることなく、スパック成膜用真空チャンバを用いて、同じプロセスを実行することもできる。プロセスガスとしては、スパッタリングで一般的に使用されているように、Ar, Ne, Xe等の希ガス類及び希ガスを主成分とし、これにH<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>等の物質を混入させた

【0061】

処理時間の短縮に有効な何れの処理方法においても、その適用タイミングについては、成膜プロセスの中断に関して具体的に述べた選択肢(a)～(g)がある。選択肢(a)～(g)の1つを実施するか、もしくは複数を実施することもできる。更に、上述した処理方法のいくつかを組み合わせてもよい。

【0062】

以上述べたように、本発明によれば、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合に、高い読み取り信号出力を得ることができるスピナル膜を製造する方法を提供することができる。

## クレーム

1. 基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上にフリー層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にピンド層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程と、

この第2の強磁性膜の上に反強磁性膜を形成する工程とを具え、

スピバルブ膜を構成する前記の下地膜、第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピバルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有するスピバルブ膜の製造方法。

2. クレーム1のスピバルブ膜の製造方法において、前記スピバルブ膜を構成する膜を、基板を成膜用真空チャンバ内に入れてスputタリング、モルキュラー・ビーム・エピタキシまたは蒸着で形成するスピバルブ膜の製造方法。

3. クレーム2のスピバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板をそのまま成膜用真空チャンバ内に残したままで、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施するスピバルブ膜の製造方法。

4. クレーム3のスピバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、成膜を伴わないプラズマ中に曝すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピバルブ膜の製造方法。

5. クレーム3のスピバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、プロセスガスを流すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピバルブ膜の製造方法。

6. クレーム3のスピバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、 $H_2O$ または $O_2$ が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行うことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピバルブ膜の製造方法。



7. クレーム2のスピンバルブ膜の製造方法において、前記成膜用真空チャンバ内で先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移して成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施し、その後基板を再び成膜用真空チャンバへ戻して、後続の成膜プロセスを実行するスピンバルブ膜の製造方法。

8. クレーム7のスピンバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移して成膜を伴わないプラズマ中に曝すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンバルブ膜の製造方法。

9. クレーム7のスピンバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移してプロセスガスを流すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンバルブ膜の製造方法。

10. クレーム7のスピンバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を成膜用真空チャンバよりも低い真空度の別の真空チャンバへ移して異方性磁界の低減工程を実施するスピンバルブ膜の製造方法。

11. クレーム7のスピンバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を成膜用真空チャンバよりも $H_2O$ 濃度または $O_2$ 濃度の高い別の真空チャンバへ移して異方性磁界の低減工程を実施するスピンバルブ膜の製造方法。

12. クレーム7のスピンバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別の真空チャンバへ移して、 $H_2O$ または $O_2$ が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行うことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンバルブ膜の製造方法。

13. 基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上に反強磁性膜を形成する工程と、

この反強磁性膜の上にピンド層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にフリー層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程とを

具え、

スピバルブ膜を構成する前記第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピバルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有するスピバルブ膜の製造方法。

14. クレーム13のスピバルブ膜の製造方法において、前記スピバルブ膜を構成する膜を、基板を成膜用真空チャンバ内に入れてスputタリング、モルキュラー・ビーム・エピタキシまたは蒸着で形成するスピバルブ膜の製造方法。

15. クレーム14のスピバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板をそのまま成膜用真空チャンバ内に残したままで、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施するスピバルブ膜の製造方法。

16. クレーム15のスピバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、成膜を伴わないプラズマ中に曝すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピバルブ膜の製造方法。

17. クレーム15のスピバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、プロセスガスを流すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピバルブ膜の製造方法。

18. クレーム15のスピバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、 $H_2O$ または $O_2$ が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行うことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピバルブ膜の製造方法。

19. クレーム14のスピバルブ膜の製造方法において、前記成膜用真空チャンバ内で先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移して成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を実施し、その後基板を再び成膜用真空チャンバへ戻して、後続の成膜プロセスを実行するスピバルブ膜の製造方法。

20. クレーム19のスピンバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移して成膜を伴わないプラズマ中に曝すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンバルブ膜の製造方法。

21. クレーム19のスピンバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を別個の真空チャンバへ移してプロセスガスを流すことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンバルブ膜の製造方法。

22. クレーム19のスピンバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、 $H_2O$ または $O_2$ が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行うことにより異方性磁界を低減する工程を実施するスピンバルブ膜の製造方法。

23. クレーム19のスピンバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を成膜用真空チャンバよりも低い真空度の別の真空チャンバへ移して異方性磁界の低減工程を実施するスピンバルブ膜の製造方法。

24. クレーム19のスピンバルブ膜の製造方法において、先行成膜プロセスを終了した後、基板を成膜用真空チャンバよりも $H_2O$ 濃度または $O_2$ 濃度の高い別の真空チャンバへ移して異方性磁界の低減工程を実施するスピンバルブ膜の製造方法。

25. 誘導型の書き込み素子を基板によって支持されるように形成される前または後に、スピンバルブ膜を有する磁気抵抗効果型の読み取り素子を形成するプロセスを含み、このプロセスが、

基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上にフリー層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にピンド層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程と、

この第2の強磁性膜の上に反強磁性膜を形成する工程とを具え、

スピンバルブ膜を構成する前記の下地膜、第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロ

セスを中断してスピバルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法。

26. 誘導型の書き込み素子を基板によって支持されるように形成される前または後に、スピバルブ膜を有する磁気抵抗効果型の読み取り素子を形成するプロセスを含み、このプロセスが、

基板の表面に下地膜を形成する工程と、

この下地膜の上に反強磁性膜を形成する工程と、

この反強磁性膜の上にピンド層として機能する第1の強磁性膜を形成する工程と、

この第1の強磁性膜の上に導電膜を形成する工程と、

この導電膜の上にフリー層として機能する第2の強磁性膜を形成する工程とを  
具え、

スピバルブ膜を構成する前記第1の強磁性膜、導電膜および第2の強磁性膜を形成するプロセスにおいて順次に形成すべき2つの膜の成膜プロセスの先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断してスピバルブ膜の異方性磁界を低減する工程を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法。

## 要 約

薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合に、高い読み取り信号出力を得ることができるスピナル膜を成膜する工程において、前後する2つの成膜プロセスのうち、先行成膜プロセスを終了した後、後続成膜プロセスを実行する前、成膜プロセスを中断して異方性磁界を低減する工程を設ける。この異方性磁界を低減する工程は、基板を成膜用真空チャンバ内にそのまま保持することによって実施してもよいが、プラズマ中に曝したり、真空度が成膜用真空チャンバよりも低い別の真空チャンバへ移したり、 $H_2O$ 濃度または $O_2$ 濃度が成膜用真空チャンバよりも高い別の真空チャンバへ移したり、 $H_2O$ または $O_2$ が1ppm以上含まれるガスにより表面処理を行ったり、プロセスガスを流すことにより、異方性磁界を低減する工程の時間を短縮することもできる。